

## 私の放射座標変換

1991 年頃から自作の座標変換（放射座標変換・勝手に命名）を使っていました ただ座標変換と言えるほど高度なものではない

2003 年にヘルマート変換とアフィン変換に切り替えるとき 幾通りかヘルマート変換と放射座標変換を比較しました

その結果 実測値と復元計算値のベクトル値差が 1mm 以内だったと記憶しています つまりヘルマート変換とほぼ同じ結果が得られることがわかりました・・・まあ！偶然なのですよと云う ことにしておきます

私がヘルマート変換、アフィン変換の Excel プログラムで公開したのが 2003 年だからその 12 年前から座標変換を使っていたこととなります 1991 年（H3）から 2002 年（H12）まで使っていた手法は以下の通りです

ここで紹介した計算は 1991 年頃に考えた幾つかの方法の一つで 1995 年頃出来上がった それまでは様々な方法で試みていた（暇だったんです（笑））

この計算例に図が出てきますが説明用に作成したもので実際の計算には不要です

計算は Excel で行っていますが当時は関数電卓で計算していました 興味のある方は電卓で計算してみてください

添付の Excel book 放射座標変換.xlsx はシート保護してあります 編集は出来ません セルへの埋め込んだ式は見られます

## 手順と計算例

1. 境界と想定出来るポイントを測り現況図を作る

2. 元図を作る、査定図または地積測量図、土地境界測量から図面上の座標値を読み取る

当時の図面は 300 か 600 分の 1 で、座標の読みは三角スケールを使ったため 0.1m 単位までしか読めない

査定図等に辺長は記入されているのでその辺長で以て座標の調整を行う、この時の注意点は図が回転しないように行うこと（この調整に時間が掛かります 特に長尺の道路図は大変でした）

【メモ】査定図等に座標値が記載されていればそのまま使う、これを始めたころは座標値の記載された図面は珍しかった

【メモ】この作業を自動化できたのが 2011 年 4 月に公開した[三斜 座標 画地調整プログラム]です え！ 20 年もかかったのか（笑） 特に東京都の査定図は襷掛け と mm 以下を切り捨てて記入されていたので辺長調整が難しい

3. 現況図と査定図等のリンクしている点（これが境界だろうと思う位置、主に境界標か工作物 依頼人や立会人が示した位置とか）を選ぶ 選んだら

実測値			図面值		
	x	y		x	y
i1	83.792	102.032	z1	91.878	153.147
i2	83.104	96.721	z2	92.501	147.84
i3	90.955	101.213	z3	99.015	154.095
i4	96.067	100.640	z4	104.421	154.813
i5	89.946	94.721	z5	99.625	147.576
i6	95.259	93.164	z6	105.328	147.363
i7	84.461	107.259	z7	91.264	158.365
i8	85.289	113.686	z8	90.506	164.811
i9	97.923	111.849	z9	103.165	166.125
i10	91.460	112.783	z10	96.691	165.453
			z11	97.514	159.071
			z12	97.391	160.026
			z13	103.706	160.807

図面值 z11 z12 z13 を実測値に計算する例

手順 1 から 3 は土地家屋調査士 測量士なら誰でもしていることです

#### 4 . 現況図の点の座標平均値を求める 平均値を起点にしてそれぞれの点への方向角と距離を求める

1回目

昭和49年に作製された地積測量図の例です。廻り間、底辺+高さが記載されていました。距離はm単位でmmまで記載されていた。平板測量なら相当自信があった。あるいはトランシット+スチールテープで数値測量し座標値を三斜に計算したものが、座標変換するといろいろな事が見えてくる

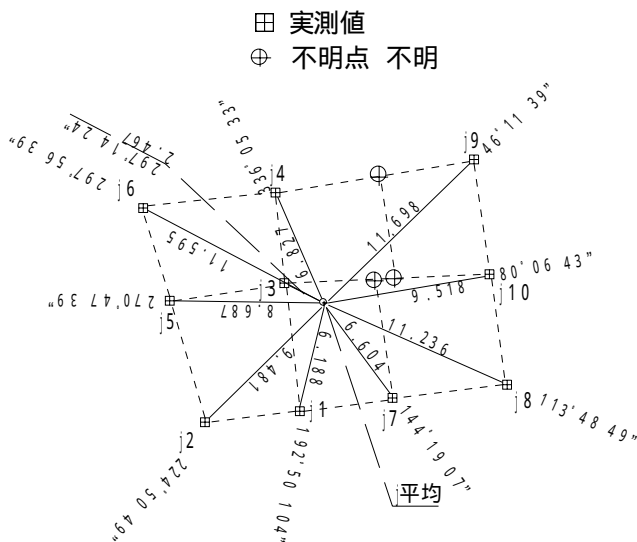
実測値						図面值					
	x	y	方向角 °	atan y/ x °	距離		x	y	方向角 °	atan y/ x °	距離
j1	83.792	102.032	192° 50' 10	192.836112	6.18825	z1	91.878	153.147	206° 49' 15	206.820801	6.23180
j2	83.104	96.721	224° 50' 49	224.847011	9.48050	z2	92.501	147.84	238° 41' 21	238.689221	9.50277
j3	90.955	101.213	297° 14' 24	297.240065	2.46745	z3	99.015	154.095	310° 12' 37	310.210165	2.44055
j4	96.067	100.64	336° 05' 33	336.092387	6.82717	z4	104.421	154.813	350° 40' 48	350.679867	7.07500
j5	89.946	94.721	270° 47' 39	270.794166	8.68663	z5	99.625	147.576	284° 36' 47	284.613083	8.66304
j6	95.259	93.164	297° 56' 39	297.944181	11.59469	z6	105.328	147.363	312° 32' 36	312.543451	11.66695
j7	84.461	107.259	144° 19' 07	144.318713	6.60442	z7	91.264	158.365	158° 42' 43	158.711984	6.62762
j8	85.289	113.686	113° 48' 49	113.813683	11.23578	z8	90.506	164.811	128° 04' 10	128.069479	11.24426
j9	97.923	111.849	46° 11' 39	46.194269	11.69780	z9	103.165	166.125	60° 36' 42	60.611805	11.66765
j10	91.460	112.783	80° 06' 43	80.111913	9.51758	z10	96.691	165.453	94° 30' 26	94.507139	9.52365
j平均	89.826	103.407	200° 25' 09	200.419250	8.430	z平均	97.439	155.959	214° 32' 45	214.545699	8.464

査定図等の図移動量(計算には使わない) -7.6138 -52.552

査定図等の回転角	-14° 07' 35	-14.12645
査定図等の伸縮率		0.9959

(計算例は手順5 . 6 . を含む)

略図です

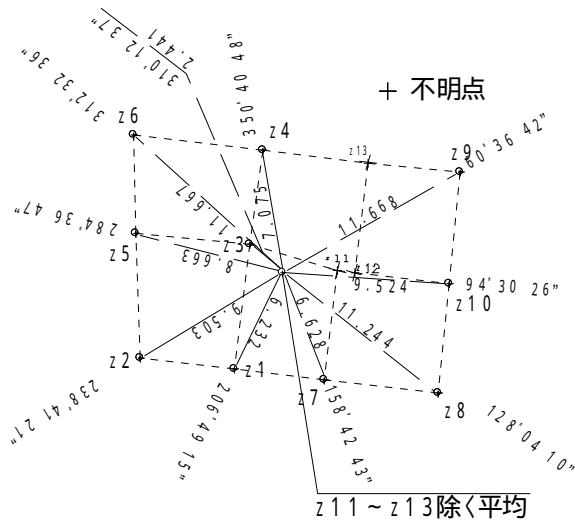


点名	X座標	Y座標
j1	83.792	102.032
j2	83.104	96.721
j3	90.955	101.213
j4	96.067	100.640
j5	89.946	94.721
j6	95.259	93.164
j7	84.461	107.259
j8	85.289	113.686
j9	97.923	111.849
j10	91.460	112.783
平均	89.826	103.407

図面值

点名	X座標	Y座標
z1	91.878	153.147
z2	92.501	147.840
z3	99.015	154.095
z4	104.421	154.813
z5	99.625	147.576
z6	105.328	147.363
z7	91.264	158.365
z8	90.506	164.811
z9	103.165	166.125
z10	96.691	165.453
z11	97.514	159.071
z12	97.391	160.026
z13	103.706	160.807
z平均	97.439	155.959

z11~z13を計算



z11~z13除く平均

5. 査定図等の現況図への回転角を求める

回転角 = 現況図方向角平均 - 査定図等方向角平均

6. 査定図等の現況図への伸縮率を求める (面の伸縮ではなく線の伸縮)

伸縮率 = 現況図の平均距離 / 査定図等平均距離

7. 査定図等各点の方向角 + 回転角を修正方向角

査定図等各点の距離 × 伸縮率を修正距離

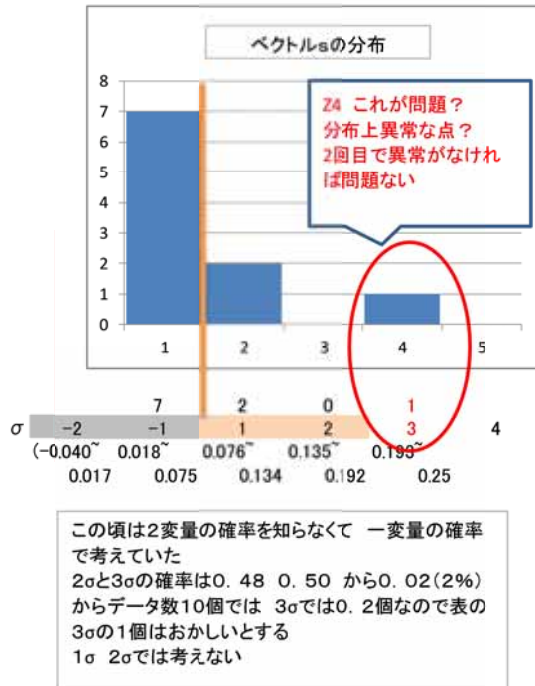
として 修正座標値 x・y を求め、この値を現況図平均座標値に加える これが復元座標値となる

1回目結果

	修正方向角	修正距離	X	Y	x	y	ベクトルs
z1	192.6944	6.2065	-6.0548	-1.3639	83.771	102.043	0.024
z2	224.5628	9.4643	-6.7431	-6.6410	83.082	96.766	0.050
z3	296.0837	2.4307	1.0687	-2.1831	90.894	101.224	0.062
z4	336.5534	7.0463	6.4645	-2.8037	96.290	100.603	0.226
z5	270.4866	8.6279	0.0733	-8.6276	89.899	94.779	0.075
z6	298.4170	11.6197	5.5296	-10.2196	95.355	93.187	0.099
z7	144.5855	6.6008	-5.3795	3.8251	84.446	107.232	0.031
z8	113.9430	11.1987	-4.5447	10.2350	85.281	113.642	0.045
z9	46.4854	11.6204	8.0011	8.4271	97.827	111.834	0.097
z10	80.3807	9.4851	1.5850	9.3517	91.411	112.758	0.055
<b>平均</b>							<b>0.076</b>
標準偏差							0.058

8. 異常点 (正規分布から外れている点) を除く

現況図座標値と復元座標値の点間距離を計算し この値でヒストグラムを作る  
 おおよそ、3 (3倍標準偏差) を目途に 4 以上の点を除く



そうしたら 残った点で手順 4 ~ 8 の計算を再度行う、4 以上の点があれば再度手順 4 ~ 8 の計算を行う

異常点 (正規分布から外れている点) を除くは 2 回程度で充分

ベクトル s は二変量の確率になるのでマイナス側に異常値は存在しない (後でわかったこと)

【メモ】ここが私の方法の大きな特徴 私は製品の製造 品質管理 生産技術に 14 年間関わった経験から 製品の誤差は正規分布になる 製品の製造では正規分布から外れる物の原因を探し 対策をとることで不良率を少なくするが 測量でそれが出来ないで除いて考えるしかない

J4 z4 を異常値と判断し これを除いて手順 4 ~ 8 の計算をやり直す

2回目

実測値	方向角		atan y/ x	距離	
	x	y	°	°	
j1	83.792	102.032	197 ° 29 07	197.485279	5.59881
j2	83.104	96.721	229 ° 14 20	229.238880	9.23273
j3	90.955	101.213	306 ° 05 04	306.084538	3.09500
j5	89.946	94.721	275 ° 10 16	275.171195	9.02998
j6	95.259	93.164	300 ° 08 43	300.145258	12.20024
j7	84.461	107.259	142 ° 48 22	142.806137	5.86385
j8	85.289	113.686	111 ° 04 36	111.076602	10.68671
j9	97.923	111.849	42 ° 46 48	42.780082	11.97724
j10	91.460	112.783	75 ° 36 12	75.603423	9.36279
平均	89.132	103.714	186 ° 42 37	186.710155	8.561

図面值	方向角		atan y/ x	距離	
	x	y	°	°	
z1	91.878	153.147	211 ° 33 22	211.556113	5.61614
z2	92.501	147.84	243 ° 12 55	243.215191	9.23722
z3	99.015	154.095	319 ° 44 31	319.742045	3.08112
z5	99.625	147.576	289 ° 11 12	289.186784	9.01063
z6	105.328	147.363	314 ° 48 23	314.806314	12.29485
z7	91.264	158.365	157 ° 07 05	157.118188	5.86086
z8	90.506	164.811	125 ° 12 46	125.212866	10.67898
z9	103.165	166.125	57 ° 04 20	57.072308	11.96021
z10	96.691	165.453	89 ° 49 58	89.832807	9.36693
z平均	96.664	156.086	200 ° 51 37	200.860290	8.567

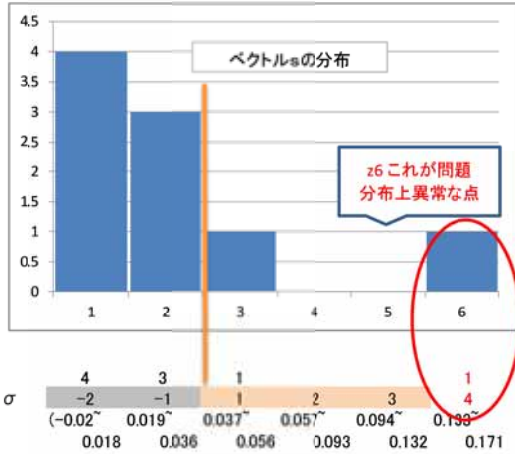
査定図等の図移動量 (計算には使わない) -7.53155556 -52.3718889

査定図等の回転角	-14 ° 09 00	-14.15014
査定図等の伸縮率		0.9992

略図は省略です

2 回目結果

	修正方向角	修正距離						
	°	s	X	Y	x	y		ベクトルs
z1	197.4060	5.6118	-5.3548	-1.6787	83.777	102.036		0.015
z2	229.0651	9.2301	-6.0476	-6.9729	83.085	96.741		0.028
z3	305.5919	3.0787	1.7919	-2.5036	90.924	101.211		0.031
z5	275.0366	9.0037	0.7905	-8.9689	89.923	94.745		0.034
z6	300.6562	12.2854	6.2641	-10.5684	95.396	93.146		0.138
z7	142.9681	5.8563	-4.6751	3.5270	84.457	107.241		0.018
z8	111.0627	10.6707	-3.8350	9.9578	85.297	113.672		0.016
z9	42.9222	11.9510	8.7514	8.1387	97.884	111.853		0.040
z10	75.6827	9.3597	2.3146	9.0690	91.447	112.783		0.013
								平均 0.037
								標準偏差 0.039



この項は2変量の確率を知らなくて 一変量の確率で考えていた  
 2σと3σの確率は片側で0.48, 0.50 から差の0.02(2%)からデータ数10個では 3σでは0.2個なので表の4σの1個はおかしいとする  
 1σ 2σでは考えない

J6 z6 を異常値と判断し これを除いて手順4～8の計算をやり直す

3回目

実測値				図面値			
	x	y	方向角	atan y/ x			距離
j1	83.792	102.032	213° 16' 03"	213.267432	z1	91.878	153.147
j2	83.104	96.721	237° 39' 45"	237.662479	z2	92.501	147.84
j3	90.955	101.213	304° 07' 29"	304.124836	z3	99.015	154.095
j5	89.946	94.721	278° 42' 35"	278.709730	z5	99.625	147.576
j7	84.461	107.259	150° 19' 00"	150.316777	z7	91.264	158.365
j8	85.289	113.686	109° 34' 37"	109.576816	z8	90.506	164.811
j9	97.923	111.849	35° 29' 49"	35.496966	z9	103.165	166.125
j10	91.460	112.783	68° 14' 18"	68.238435	z10	96.691	165.453
i平均	88.366	105.033	174° 40' 27"	174.674184	z平均	95.581	157.177

査定図等の図移動量(計算には使わない) -7.214375 -52.1435

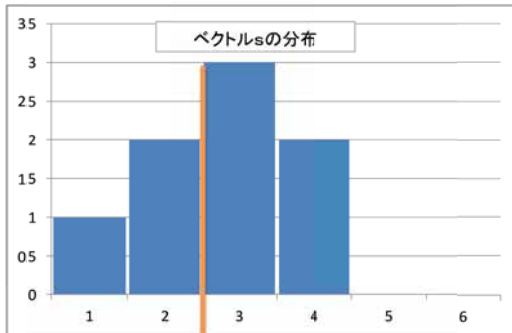
査定図等の回転角	-14° 07' 34"	-14.12622
査定図等の伸縮率		

1.0009

略図は省略です

3回目結果

	修正方向角 °	修正距離 s	X	Y	x	y	ベクトルs
z1	213.2945	5.4772	-4.5781	-3.0067	83.788	102.026	0.007
z2	237.6187	9.8400	-5.2698	-8.3099	83.096	96.723	0.008
z3	303.9737	4.6183	2.5807	-3.8299	90.947	101.203	0.013
z5	278.7179	10.4268	1.5804	-10.3064	89.947	94.727	0.006
z7	150.4799	4.4812	-3.8995	2.2080	84.467	107.241	0.019
z8	109.4856	9.1753	-3.0606	8.6498	85.306	113.683	0.017
z9	35.5906	11.7406	9.5474	6.8329	97.914	111.866	0.019
z10	68.2326	8.3580	3.0995	7.7621	91.466	112.795	0.013
<b>平均</b>							<b>0.013</b>
<b>標準偏差</b>							<b>0.005</b>



1	2	3	2	3
0.003~	0.008~	0.013~	0.019~	0.024~
0.007	0.012	0.018	0.023	0.028

この頃は2変量の確率を知らなくて 一変量の確率で考えていた それでもそれほど差はない  
2σと3σの確率は0.48 0.50 から0.02(2%)から  
問題は無いようだ

異常値は無いと判断する この例では2回の計算で済んでいる

【メモ】手順4～8の計算は座標変換 Excel book henkanV.00.xlsxm では準拠点と言ってt検定 2乗検定で行っている 当時は検定の重要性を知らなかったなのでグラフ(ヒストグラム)を書いて判断していた

### 9. 除いた点とリンクの無い点の方向角と距離を求める。

修正方向角と修正距離を使って手順7と同じ手順で復元値を求める

		修正方向角 °	修正距離 s	X	Y	x	y	
		z1	213.2945	5.4772	-4.5781	-3.0067	83.788	102.026
		z2	237.6187	9.8400	-5.2698	-8.3099	83.096	96.723
		z3	303.9737	4.6183	2.5807	-3.8299	90.947	101.203
		z5	278.7179	10.4268	1.5804	-10.3064	89.947	94.727
		z7	150.4799	4.4812	-3.8995	2.2080	84.467	107.241
		z8	109.4856	9.1753	-3.0606	8.6498	85.306	113.683
		z9	35.5906	11.7406	9.5474	6.8329	97.914	111.866
		z10	68.2326	8.3580	3.0995	7.7621	91.466	112.795
		z4	330.9057	9.1590	8.0033	-4.4535	96.370	100.579
		z6	300.6801	13.8440	7.0638	-11.9062	95.430	93.127
		z11	30.2919	2.7093	2.3393	1.3666	90.706	106.400
		z12	43.4447	3.3789	2.4532	2.3235	90.819	107.357
		z13	9.9494	8.9074	8.7735	1.5390	97.140	106.572

不明点除点も計算結果

(z1～z10(上部分)は3回目結果 z4～z13 右枠内が復元値になる)

面倒な計算手順に感じるが意外と簡単にできる ポイント手順 8

## ヘルマート変換との差

ヘルマート変換と どの程度違うのか確認してみた ベクトルの距離差で平均 0.0006m(0.6mm) の差がみられる どこかヘルマート変換とは違うようだね 実用上 全く問題はない

ヘルマート変換	x	y	ヘルと上表との点間距離
z1	83.788	102.027	0.0004
z2	83.096	96.724	0.0007
z3	90.947	101.203	0.0004
z5	89.946	94.727	0.0008
z7	84.467	107.241	0.0003
z8	85.306	113.683	0.0007
z9	97.914	111.865	0.0009
z10	91.466	112.795	0.0006
		平均	0.0006
		標準偏差	0.0002

## あとがき

私は 1984 年 (S59) に川越市で開業し 開業時にシャープポケコンで測量計算プログラムを自作した、真北計算プログラム (太陽と北極星) もついでに作った

1996 年 (H8) に公共測量プログラムを NEC9800 と込みで購入した (確か 180 万した) このプログラムの中にヘルマート変換があった しかし何に使うのが分からなかったため使ったことはない

2000 年 11 月に福永 宗雄 (著) の 17 条地図利活用マニュアル が発刊された この中にヘルマート変換とアフィン変換の計算式が載っていた Excel でプログラムを作ったが計算結果がいい加減な値にしか計算されなかった 式に誤記があるようだった

2002 年 (H14) にブルートレンド win を購入し、2003 年から使い始めている この中にヘルマート変換とアフィン変換があった ブルートレンド win のヘルマート変換とアフィン変換は境界復元の為に用意されたものではなく座標系が変わった場合の変換に使うものだった

17 条地図利活用マニュアルの計算式の問題点を調べたら 2 ヶ所に計算式の間違ひを見つけ それを修正し Excel で復元プログラムを作成したのが 2003 年のこと (この二か所の間違ひは 2007 年 5 月の改訂版 14 条地図利活用マニュアルでは修正された)

私の最小二乗法による境界復元 Excel book プログラムの中に アフィン変換があります ある土地家屋調査士の方から〇〇 と計算方法も結果も違うという連絡があった、〇〇に問い合わせた結果 その言い訳が「説明書には「座標変換 (アフィン)」と書いてありますがアフィン変換とは書いてありません」・・・どこかの政治家のような言い訳 (笑) つまり 〇〇 にあるアフィン変換は 〇〇式座標変換であり本来のアフィン変換ではないとの説明だった (これを私は〇〇式アフィン変換と命名した (笑)) このころ〇〇は〇〇 の宣伝を OB を技術顧問にして宣伝していた時期でした その関係もありこの回答には驚いた記憶があります) 話題がそれでしたがもう時効でしょうから話します (笑)

終わり

20240501

元土地家屋調査士・測量士 小野孝治